

Burkina Faso
Unité-Progress-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(MESSRS)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO
(UPB)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL
(IDR)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
présenté en vue de l'obtention du
**DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES EN GESTION INTEGREE DES
RESSOURCES NATURELLES**
(DEA/GIRN)

Option : Système de Production et de Protection Végétales

Spécialité: Phytopathologie

Par BONZI Schémaeza

Thème

**Efficacité des extraits aqueux de quatre plantes dans la lutte
contre les champignons transmis par les semences de sorgho
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) :
Cas particulier de *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson et
Phoma sorghina (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et Van Kesteren.**

Président du jury :

Pr. Paco SEREME : Directeur de mémoire

Examineurs :

Pr. Clémentine DABIRE

Dr. Abdoussalam SAWADOGO

Dr. Irénée SOMDA: Maître de stage

Jun 2007.

Table des matières

	Pages
Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste des photos et figures.....	v
Sigles et abréviations	vi
Résumé.....	vii
Introduction générale	1
Première partie: Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : Présentation de <i>Colletotrichum graminicola</i> et <i>Phoma sorghina</i>	3
1.1. <i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson.....	3
1.1.1. Classification et morphologie	3
1.1.2. Principales plantes hôtes et symptômes causés	3
1.1.3. Incidence économique	4
1.1.4. Conservation et dissémination	4
1.1.5. Méthodes de lutte	4
1.2. <i>Phoma sorghina</i> (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et van Kesteren 1973	5
1.2.1. Classification et morphologie	5
1.2.2. Principales plantes hôtes et symptômes	5
1.2.3. Incidence économique	6
1.2.4. Conservation et dissémination	6
1.2.5. Méthodes de lutte.....	6
Chapitre 2 : Utilisation de plantes en protection des végétaux	7
2.1. Introduction.....	7
2.2. Les huiles essentielles et extraits de plantes dans la protection des végétaux	7
2.2.1. Les huiles essentielles et autres produits dérivés de plantes.....	7
2.2.2. Les extraits aqueux de plantes	8
2.3. Avantages des extraits de plantes	8
Deuxième partie: Etude du thème	
Chapitre 1: Efficacité <i>in vitro</i> des extraits aqueux de plantes contre <i>Colletotrichum graminicola</i> et <i>Phoma sorghina</i>	9
1.1. Introduction.....	9
1.2. Matériels et méthodes	9
1.2.1. Matériels	9
1.2.1.1. Les espèces végétales testées	9

1.2.1.2. Les champignons testés.....	10
1.2.2. Méthodes.....	11
1.2.2.1. Collecte et préparation des poudres et macérations d'organes végétaux.....	11
1.2.2.2. Préparation des milieux gelosés à base d'extrait et du milieu à base du fongicide	11
1.2.2.3. Inoculation des milieux et incubation.....	12
1.2.2.4 Dispositif expérimental.....	12
1.2.2.5. Evaluation, analyse des données et expression des résultats.....	12
1.3. Résultats et discussion.....	13
1.3.1. Résultats.....	13
1.3.1.1. Efficacité des extraits aqueux sur la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum graminicola</i>	13
1.3.1.2. Efficacité des extraits aqueux sur la croissance mycélienne de <i>P. sorghina</i> ...	14
1.3.2. Discussion.....	16
Chapitre 2: Efficacité des extraits aqueux de plantes en traitement de semences de sorgho....	18
2.1. Introduction.....	18
2.2. Matériels et méthodes.....	18
2.2.1. Matériels biologiques.....	18
2.2.1.1. Caractéristiques de l'échantillon de semences de sorgho testé.....	18
2.2.1.2. Les espèces végétales testées.....	19
2.2.2. Méthodes.....	19
2.2.2.1. Techniques d'échantillonnage.....	19
2.2.2.2. Préparation des extraits et trempage des grains.....	19
2.2.2.3. Incubation des semences.....	20
2.2.2.4. Dispositif expérimental.....	20
2.2.2.5. Evaluation, analyse des données et expression des résultats.....	20
2.3. Résultats et discussion.....	21
2.3.1. Résultats.....	21
2.3.1.1. Effet des durées de trempage et de macération des extraits de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>C. graminicola</i> et <i>P. sorghina</i>	21
a. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par <i>C. graminicola</i> après 6 heures de trempage.....	21
b. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par <i>P. sorghina</i> après 6 heures de trempage.....	21

c. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par <i>C. graminicola</i> après 12 heures de trempage.	22
M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls. .	23
d. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par <i>P. sorghina</i> après 12 heures de trempage.	23
e. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>C. graminicola</i> après 24 heures de trempage.	24
f. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>P. sorghina</i> après 24 heures de trempage.	25
2.3.1.2. Effets des extraits de chaque espèce végétale sur le taux d'infection des semences par <i>C. graminicola</i> et <i>P. sorghina</i> après différentes durées de trempage.	25
a. Effet de différents extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>C. graminicola</i> après 6 heures de trempage.	25
b. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>P. sorghina</i> après 6 heures de trempage.	26
c. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 12 heures de trempage.	27
d. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Phoma sorghina</i> après 12 heures de trempage.	28
e. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>C. graminicola</i> après 24 heures de trempage.	29
f. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>P. sorghina</i> après 24 heures de trempage.	30
2.3.1.3. Effet des durées de trempage sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> et <i>Phoma sorghina</i> en fonction des durées de macération.	31
a. Effets des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences par <i>Colletotrichum graminicola</i>	31
b. Effets des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences par <i>Phoma sorghina</i>	32
2.3.2. Discussion	32
Conclusion générale et perspectives	34
Références bibliographiques	36
Annexes	

Dédicace

Je dédie ce mémoire à ma famille pour tous les sacrifices consentis à mon égard.

Remerciements

Ce mémoire est le résultat de six (6) mois de travaux réalisés au laboratoire de Phytopathologie de l'Institut du Développement Rural sous la direction de M. Paco SEREME, Maître de recherche, Directeur du laboratoire de Phytopathologie de l'INERA Kamboinsé et Secrétaire exécutif de CORAF. Je voudrais lui exprimer toute ma reconnaissance pour ses remarques et suggestions quant aux directions de recherche et aux hypothèses développées. Malgré ses multiples occupations, il a consacré une part importante de son temps à une lecture critique et approfondie de ce mémoire.

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude à M. Irénée SOMDA, Maître Assistant en Phytopathologie, enseignant chercheur à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB) pour son encadrement, sa rigueur scientifique, ses suggestions avisées et toute la confiance qu'il m'a témoignée en me proposant ce thème. Il a facilité l'exécution de ce travail en mettant à ma disposition le matériel et tous les produits nécessaires à son déroulement. Je lui dis merci pour toutes les qualités humaines et pour la disponibilité dont il a fait montre à mes différentes sollicitations. Que toute sa famille trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Qu'il me soit permis de dire merci à Mme DABIRE Clémentine et à M. Abdoussalam SAWADOGO qui ont accepté de participer au jury qui a jugé ce travail.

Que M. Remy A. DABIRE, chef du Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricole de l'Ouest (CRREA-Ouest), soit assuré de ma reconnaissance pour l'aide qu'il m'a apportée pour l'analyse de mes données. J'exprime également à M. Jacob SANOU mes remerciements pour m'avoir initié au logiciel d'analyse SAS.

Je remercie M. Mipro HIEN, enseignant chercheur à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB) pour avoir pris le temps de lire et de corriger le manuscrit.

J'adresse mes vifs remerciements à M. Olo PALE technicien au laboratoire de Phytopathologie de l'IDR.

Je remercie tous ceux qui me sont chers, parents et amis qui, tout au long de ce travail, m'ont soutenu pendant les moments difficiles.

Enfin, j'exprime toute ma reconnaissance à DANIDA et au centre Danois pour la Santé des Plantes pour tout le soutien matériel et financier dont j'ai bénéficié durant la période de stage.

Liste des tableaux

	Pages
Tableau I : Effet des extraits végétaux macérés pendant différentes durées, sur la croissance radiale de <i>Colletotrichum graminicola</i>	14
Tableau II: Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales sur la croissance radiale de <i>Colletotrichum graminicola</i> en fonction des durées de macération	14
Tableau III : Effet des extraits végétaux macérés pendant différentes durées, sur la croissance radiale de <i>Phoma sorghina</i>	15
Tableau IV : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales sur la croissance radiale de <i>Phoma sorghina</i> en fonction des durées de macération.....	15
Tableau V : Caractéristiques de l'échantillon de semences de sorgho 751So06.	19
Tableau VI : Effets comparés de quatre extraits de plantes sur le taux d'infection des semences par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 6 heures de trempage.	21
Tableau VII : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences par <i>Phoma sorghina</i> après 6 heures de trempage.....	22
Tableau VIII: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 12 heures de trempage.	23
Tableau IX: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Phoma sorghina</i> après 12 heures de trempage.....	24
Tableau X: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 24 heures de trempage.	24
Tableau XI: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Phoma sorghina</i> après 24 heures de trempage.....	25
Tableau XII: Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 6 heures de trempage.	26

Tableau XIII : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Phoma sorghina</i> après 6 heures de trempage.....	27
Tableau XIV: Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 12 heures de trempage.	28
Tableau XV : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences sorgho par <i>Phoma sorghina</i> après 12 heures de trempage.	29
Tableau XVI : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Colletotrichum graminicola</i> après 24 heures de trempage.	30
Tableau XVII : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par <i>Phoma sorghina</i> après 24 heures de trempage.....	31
Tableau XVIII: Effet de la durée de trempage des semences de sorgho dans les extraits végétaux macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de par <i>Colletotrichum graminicola</i>	32
Tableau XIX: Effet de la durée de trempage des semences de sorgho dans les extraits végétaux macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de par <i>Phoma sorghina</i>	32

Liste des photos et figures

Liste des photos

	Pages
Photo 1 : Plante de <i>Cassia occidentalis</i> L.	Verso 9
Photo 2 : Plante de <i>Portulaca oleraracea</i> L.	Verso 9
Photo 3 : Plante de <i>Balanites aegyptiaca</i> L.	Verso 9
Photo 4 : Plante de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf.	Verso 9

Liste des figures

	Pages
Figure 1 : Effet de quatre extraits de plantes sur la croissance mycélienne de <i>C. graminicola</i>	verso 12
Figure 2: Effet de quatre extraits de plantes sur la croissance mycélienne de <i>P. sorghina</i>	Verso 13

Sigles et abréviations

CIRAD: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

CORAF : Conseil Ouest et Centre Afrique pour la Recherche et le Développement Agricoles.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

ICRISAT: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

INERA: Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole.

IRAT: Institut de Recherche en Agronomie Tropicale.

ISTA: International Seed Testing Association.

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.

ORSTOM: Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

Résumé

Les produits phytopharmaceutiques (utilisés en traitement de plantes) connaissent de plus en plus des limites d'emploi du fait de leur coût élevé, de la non disponibilité de certains produits sur le marché local et aussi des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé. Ces diverses raisons ont motivé la recherche de solutions alternatives à l'usage des pesticides synthétiques.

Aussi, nous avons entrepris d'évaluer l'efficacité des extraits aqueux de plantes de *Balanites aegyptiaca*, *Cymbopogon citratus*, *Cassia occidentalis* et *Portulaca oleracea*. Ces extraits concentrés à 30% ont été obtenus à différentes durées de macération (6, 12, 24 et 48 heures) et testés *in vitro* contre *C. graminicola* et *P. sorghina*. L'effet des extraits sur la croissance mycélienne des différents champignons, mesuré à 10 jours après incubation (JAI), montre que les extraits de *C. citratus*, *B. aegyptiaca*, *P. oleracea* et *C. occidentalis* inhibent la croissance radiale de *C. graminicola* de 100%, 65% 43% et 38%, respectivement. Contre *P. sorghina* les pourcentages d'inhibitions de 100, 72 et 16 sont notés pour les extraits de *C. citratus*, *P. oleracea* et *C. occidentalis*. Toute fois, les extrait de *C. citratus* macérés pendant 24 et 48 et celui de *P. oleracea* macéré pendant 48 heures sont plus efficaces que les autres extraits.

En traitement de semence, l'efficacité de ces différentes espèces végétales a été vérifiée à différentes durées de macération (6, 12, 24 et 48 heures) des extraits et de trempage (6, 12 et 24 heures) des grains. Pour cette étude, la méthode du papier buvard humidifié a été utilisée pour l'évaluation du taux d'infection des grains par *C. graminicola* et *P. sorghina* après traitement. A l'exception de *C. occidentalis* qui n'est efficace contre *P. sorghina*, certains extraits végétaux entraînent une réduction du taux d'infection des deux champignons. Par ailleurs, pour la plupart des espèces végétales, une longue durée de trempage et de macération est favorable a une augmentation de l'efficacité antifongique de l'extrait.

Mots clés : Croissance mycélienne, champignon, extrait aqueux, durée de macération, sorgho, traitement de semence, durée de trempage.

Introduction générale

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) serait domestiqué en Afrique dans les régions d’Ethiopie et du Soudan. Sa culture s’est ensuite étendue d’abord aux autres régions de l’Afrique puis en Asie et enfin en Amérique et en Australie. De nos jours, le sorgho est l’une des principales céréales cultivées, particulièrement dans les régions chaudes peu arrosées. Avec une production mondiale de 61.000.000 de tonnes en 2004, le sorgho est l’une des cinq (5) céréales les plus importantes dans le monde (FAO et ICRISAT, 1996 ; Frederiksen, 1999). Le sorgho présente des qualités reconnues de versatilité, de rusticité et de stabilité des rendements en conditions défavorables. A cause de sa capacité d’adaptation aux conditions difficiles de l’environnement et de son aptitude à produire un bon rendement, le sorgho est considéré comme la plus précieuse des céréales.

Il constitue une source d’alimentation pour des millions d’hommes. Il est même souvent un élément essentiel de survie dans les zones tropicales semi-arides. En Inde, en Ethiopie, en Amérique latine, en Afrique, etc., le sorgho constitue l’aliment de base. Il est aussi utilisé pour l’alimentation des animaux et comme matière première dans l’industrie (Leland, 1987).

Au Burkina Faso, le sorgho est cultivé sur toute l’étendue du territoire et occupe une place importante dans le système de production. En 2004, il occupait le premier rang des céréales cultivées tant sur le plan des superficies emblavées (1.372.535 hectares) que de la production avec 1.610.255 tonnes (Hema, 2005). Le sorgho est produit pour ses grains qui servent à la préparation de divers mets locaux dont le tô, le couscous, la bouillie et, à la fabrication des boissons alcoolisées (dolo) et non alcoolisées (Néya et Le Normand, 1998).

Malgré la rusticité de la plante, sa culture fait face à de nombreuses contraintes abiotiques et biotiques. Les contraintes biotiques sont dues à une action complexe de parasites tels les champignons, les phanérogames et les insectes. Ces divers agents, en plus de la pauvreté du sol et des aléas climatiques, sont responsables des baisses de rendement (390-876 Kg/ha) (Dabiré, 2004). Parmi les pathogènes incriminés, les champignons sont considérés comme les plus importants aussi bien en nombre que du point de vue des dégâts occasionnés. *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, agent de l’anthracnose, est très dommageable au sorgho en régions chaudes et humides (Valerio *et al.*, 2004). Thomas *et al.* (1996) ont rapporté des pertes de 55-67% dues à l’anthracnose foliaire du sorgho au Mali.

Le traitement des semences constitue un moyen efficace de protection des plantes contre les maladies. L’application de cette mesure dans la lutte contre les champignons transmis par les semences dont l’anthracnose a longtemps consisté à l’emploi des produits

agropharmaceutiques. De nos jours, l'utilisation de ces produits est confrontée à des contraintes économiques et écologiques. Ainsi, la plupart des producteurs n'ont pas accès aux produits recommandés. Pour permettre à une grande majorité de producteurs de pouvoir continuer à assurer la protection de leurs semences à moindre coût et en limitant les risques de pollution de l'environnement, la recherche de solutions alternatives est nécessaire. Les travaux sur les pesticides naturels montrent que les produits dérivés de plantes ou les extraits de plantes sont efficaces dans le contrôle des microorganismes. Sérémé (1999) montre une activité fongistatique des solutions de savons de Karité, de Balanites et de Neem sur la germination des spores et une inhibition de la croissance radiale des colonies de *Colletotrichum*. De même, Somda *et al.* (2003) montrent l'efficacité des extraits aqueux de *Portulaca oleracea* L. et de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. contre les agents de brûlure foliaire du maïs. Dans le même ordre d'idée, Bonzi (2005) a révélé que les extraits de feuilles fraîches de *Cassia occidentalis* L. sont efficaces en traitement de semences de maïs contre *Bipolaris maydis* (Nisikado et Miyake) Shoem., *Curvularia sp.*, *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. et *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et Van Kesteren. C'est dans cette perspective de recherche de solutions alternatives pour lutter contre les champignons transmis par les semences de sorgho que s'inscrivent nos travaux.

Le présent mémoire est subdivisé en deux grandes parties :

-La première partie présente en deux chapitres la synthèse bibliographique. Le chapitre 1 fait d'abord une description morphologique et une classification ensuite situe l'incidence économique de *C. graminicola* et *P. sorghina*. Le chapitre 2 traite de l'utilisation des extraits et des produits dérivés de plantes dans la protection des végétaux.

-La deuxième partie traite des expérimentations réalisées. Elle comprend deux chapitres dont le premier chapitre aborde l'efficacité *in vitro* des extraits aqueux de quatre plantes contre *C. graminicola* et *P. sorghina*. Le second chapitre traite de l'efficacité des quatre extraits de plantes testés *in vitro* en traitement de semence de sorgho.

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Présentation de *Colletotrichum graminicola* et *Phoma sorghina*

1.1. *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson

1.1.1. Classification et morphologie

Colletotrichum graminicola (Syn. *C. sublineolum* P. Henn), agent responsable de l'antracnose appartient au phylum des Anastigomycètes, à la classe des Ascomycètes, à l'ordre des Mélanconiales, à la famille des mélanconiaceés et au genre *Colletotrichum*. L'espèce *C. graminicola* est un champignon imparfait (Deuteromycètes) qui produit des conidies dans les acervules. La morphologie de ce champignon a été décrite par Warren (1986). Il se présente sous forme d'acervules de couleur noire à brune, de forme ovale à cylindrique. Les acervules apparaissent sous forme de petits points noirs sur les tissus infectés dont le diamètre du stroma varie entre 70-100 µm. Sur ce stroma sont dressées des soies noires, cloisonnées de 100 µm de long. Les conidies sont unicellulaires, légèrement incurvées et ayant les deux bouts pointus. Leur taille est comprise entre 15-31 x 3-5 µm (Mathur et Kongsdal, 2003).

Glomerella graminicola Politis (Politis et Wheeler, 1972 ; Politis, 1975) est la forme parfaite de *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson.

1.1.2. Principales plantes hôtes et symptômes causés

Les hôtes de *C. graminicola* sont le sorgho, le maïs, le blé, l'orge et l'avoine (Browning *et al.*, 1999).

Colletotrichum graminicola peut infecter tous les organes de l'appareil végétatif aérien du sorgho et provoquer des symptômes qui varient en fonction de l'organe infecté.

Sur les feuilles, le champignon cause des taches nécrotiques d'environ 5 mm de diamètre. Ces lésions sont soit allongées, soit elliptiques de couleur rouge ou rouge pourpre sur lesquelles on peut voir distinctement les acervules noires. Cette manifestation de la maladie est appelée anthracnose foliaire et est courante sur le sorgho. En période favorable caractérisée par une forte humidité alternée avec des périodes de sécheresse, les lésions deviennent coalescentes, provoquant une défoliation et une réduction du développement de la plante de sorgho. En condition d'attaque sévère, la plante peut mourir.

Sur les tiges, *C. graminicola* provoque la pourriture rouge des tiges. Cette pourriture se manifeste en général après l'infection foliaire (Williams et Frederiksen, 1986).

Sur les grains, les attaques du champignon se manifestent par de petites ponctuations noires. Le grain infecté peut être entièrement noir et a un pouvoir germinatif faible.

Sur la panicule, l'antracnose provoque la mort des fleurs ou leur chute par la rupture du pédoncule floral. L'antracnose des grains et de la panicule attaquent les plantes matures du sorgho. L'infection apparaît sous forme de taches humides décolorées au début et les taches deviennent rouge pourpre. Les panicules des plantes infectées sont de tailles réduites, leurs poids baissent et elles mûrissent précocement.

1.1.3. Incidence économique

L'antracnose du sorgho constitue un facteur limitant pour la production du sorgho dans les régions chaudes et humides. Aux Etats Unis, des pertes de 30-70% dues à l'antracnose foliaire ont été enregistrées (Ali *et al.*, 1987). Neyra et Kaboré (1987) ont montré que l'action combinée de l'antracnose foliaire et de la pourriture rouge des tiges induit des pertes de 7-46% en condition expérimentale au champ. Thomas *et al.* (1996) notent des pertes de rendement comprises entre 55-67% au Mali. Sur les grains et les panicules, des pertes de 30-50% ont été estimées en condition épidémique sévère (Warren, 1986).

1.1.4. Conservation et dissémination

Le champignon se conserve sous forme de mycélium ou de conidies sur les résidus des récoltes, les sorghos sauvages, les mauvaises herbes et les grains (Tarr, 1962 ; Naylor et Leonard, 1977 ; Warren, 1986). Les travaux de Vizvary et Warren (1982) montrent que l'agent pathogène peut survivre durant 18 mois sous forme saprophytique sur les tissus des plantes infectées. Marley *et al.* (2005) ont retrouvé des conidies viables 9 mois après la récolte au Burkina Faso. Cependant, les conidies et le mycélium meurent en quelques jours en l'absence de résidus. L'agent pathogène est transmissible par les grains (Basu-chaudhary et Mathur, 1979 ; Cardwell *et al.*, 1989). Par ruissellement ou éclaboussure, l'eau de pluie peut disséminer les conidies du champignon sur l'aire de culture.

1.1.5. Méthodes de lutte

Lutte culturale : C'est un ensemble de mesures visant à prévenir les maladies et limiter les risques d'infection. Ces mesures consistent à l'arrachage et la destruction des débris et des plantes hôtes, à l'utilisation des semences indemnes, à la rotation des cultures. Le nettoyage du champ après la récolte et avant le début de la saison réduit considérablement l'inoculum

primaire dans le champ (Marley *et al.*, 2005). Les dates de semis peuvent également constituer un moyen de lutte contre l'antracnose du sorgho. Des études ont montré que l'expression de la maladie est plus importante pour les semis précoces (juin à début juillet) (Marley et Ajayi, 2003). Les mesures agronomiques même si elles présentent une certaine efficacité, ne donnent pas de résultats satisfaisants surtout en cas de forte pression parasitaire.

Lutte chimique : Hepperly *et al.* (1987) rapportent que l'application du benomyl sur les panicules de sorgho a permis de réduire le taux de grains contaminés par l'antracnose et d'augmenter le taux de germination. Marley *et al.* (2005) ont montré que l'utilisation de Apron plus (Methalaxyl + Carboxin + Furathiocarp) en traitement de semence de sorgho est efficace, mais ils relèvent que l'emploi des produits chimiques dans la lutte contre *C. graminicola* n'est pas économiquement rentable.

Lutte génétique : l'utilisation de variétés résistantes constitue la méthode la plus pratique et la plus économique pour lutter contre l'antracnose du sorgho (Néya et Le Normand, 1998).

1.2. *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et van Kesteren 1973

1.2.1. Classification et morphologie

Phoma sorghina appartient au Phylum des Anastigomycètes, à la classe des Ascomycètes, à l'ordre des Sphaeropsidales, à la famille des Sphaerioïdaceés et au genre *Phoma*. *P. sorghina* se présente sous forme de pycnide. Sur les racines, les feuilles, les fruits et les grains, les pycnides sont pour la plupart du temps superficielles. Elles sont de couleur noire brune ou brune de diamètre compris entre 60-140 µm. Les pycnides de *P. sorghina* ont un ostiole rond. Les conidies sont unicellulaires hyalines et ellipsoïdales, souvent droites et occasionnellement incurvées. Leurs tailles varient de 4-7 x 2-5 µm (Punithalingam, 1985).

Sur le milieu de culture PDA, le champignon prend une couleur rose avec un développement abondant de mycélium. Les pycnides sont aussi abondantes souvent isolées en agrégat (Champion, 1999).

1.2.2. Principales plantes hôtes et symptômes

P. sorghina parasite les graminées et toutes les autres plantes. Le champignon peut vivre dans le sol et dans l'air.

Phoma sorghina induit des taches foliaires sur les céréales et d'autres graminées. Sur le sorgho, il se manifeste sur les feuilles par des taches irrégulières ou rondes de couleur jaune

brun ou de couleur paille, définissant des bordures de couleur rougeâtre à rouge pourpre. Les lésions peuvent avoir une longueur de 1 cm. Les pycnides de *P. sorghina* provoquent des décolorations sur les feuilles, les glumelles et les grains de sorgho. *P. sorghina* est aussi impliqué dans la mort des plantules avant et après émergence. Il fait partie des agents responsables de la fonte des semis et de la moisissure des grains (Punithalingam, 1985).

1.2.3. Incidence économique

Champignon transmis par les semences, *P. sorghina* cause des pertes considérables en mortalité pré et post émergence du *Macroptilium*, *Stylosantes* et du *Sorghum* (Punithalingam, 1985). En général, *P. sorghina* est classé parmi les agents pathogènes qui ont une incidence mineure. Les pertes dues à *P. sorghina* sont estimées à moins de 1% en Asie (Punithalingam, 1985).

1.2.4. Conservation et dissémination

P. sorghina est un champignon ubiquiste rencontré dans les régions tropicales et subtropicales. Il peut survivre sur les résidus et les plantes hôtes pendant une année. Le champignon perdrait sa viabilité sur les feuilles séchées et conservées pendant deux ans. La dissémination du champignon se fait par la semence (Punithalingam, 1985).

1.2.5. Méthodes de lutte

Le contrôle de *P. sorghina* consiste à l'emploi des mesures sanitaires. Il s'agit de l'utilisation de variétés résistantes, des semences saines ou enfin des semences traitées avec 1% de l'eau de javel (NaOCl) pendant 5 minutes. Ce traitement à l'eau de javel diminuant la sévérité de la maladie chez les plantules (Punithalingam, 1985).

Chapitre 2 : Utilisation de plantes en protection des végétaux

2.1. Introduction

La plante constitue un grand potentiel pour nos sociétés. Outre le rôle alimentaire, médicinal, social, culturel et socio-économique, la plante ou les produits dérivés de plantes sont utilisés pour la conservation ou pour la protection des récoltes et des plantes en végétation.

L'emploi de la cendre comme produit dérivé de la plante dans les champs de case ou dans la conservation de la semence, est une pratique très couramment observée dans les sociétés d'Afrique de l'Ouest. Les populations africaines ont un savoir-faire en matière de protection des stocks de produits agricoles (Owusu, 2001). Les plantes comme *Hyptis suaveolens* Poit., *H. spicigera* Lam., *Anarcadium occidentale* L., *Azadiractha indica* A. Juss., *Ocimum americanum* L. permettent de conservation les produits agricoles (Nébié, 2005). A faible dose, ces plantes ne présenteraient pas de toxicité pour l'homme, puisqu'elles sont pour la plupart utilisées en médecine traditionnelle. Ce fait pourrait justifier l'engouement actuel des recherches sur les propriétés pesticides des extraits de plantes dans la protection des denrées alimentaires (Carina, 1981 ; Fatope, 1995).

Afin d'établir des bases scientifiques d'utilisation des produits provenant des plantes, des essais sont en cours de réalisation sur plusieurs produits issus de plantes dans le monde et en particulier au Burkina Faso.

2.2. Les huiles essentielles et extraits de plantes dans la protection des végétaux

2.2.1. Les huiles essentielles et autres produits dérivés de plantes

Les huiles essentielles (HE) sont obtenues par hydrodistillation à partir des organes des plantes. Elles sont employées à diverses fins dont la médecine, la parfumerie, la cosmétique et la lutte contre les microorganismes (bactéries et champignons) et les insectes. Les HE de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., de *C. giganteus* Chiov., de *Lippia multiflora* Mold., de *Ocimum basilicum* L., et de *Securidaca longepedunculata* Fresen ont des propriétés insectifuges ou insecticides (Nébié, 2005 ; Koumalglo *et al.*, 1998 cités par Nébié, 2005). Les poudres des feuilles et des graines de Neem (*Azadiractha indica* A. Juss.) sont efficace en traitement des semences et des grains stockés contre les insectes (Séréme cité par Somda *et al.*, 2003). Séréme (1999) révèle *in vitro* une activité fongistatique des solutions de savon de

karité, de *Balanites* et de neem sur la germination des spores et une inhibition de la croissance radiale des colonies de *Colletotrichum*.

2.2.2. Les extraits aqueux de plantes

Tout comme les HE, des travaux de recherches scientifiques attestent par leurs résultats que les extraits de plantes ont des propriétés intéressantes contre les microorganismes. Suresh *et al.* (1997) ont montré que l'extrait des feuilles vertes de neem réduit l'infection due à *Puccinia arachidis* Speg. De même, Somda *et al.* (2003) attestent que les extraits aqueux de *Portulaca oleracea* L. à 30% réduisent la croissance radiale de *Bipolaris maydis* (Nisikado et Miyake) Shoem. Dans le même ordre d'idées, Bonzi (2005) révèle que les extraits de feuilles fraîches de *Cassia occidentalis* L. concentrés à 50, 75 et 100% sont efficaces contre *B. maydis* (Nisikado et Miyake) Shoem, *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc., *Curvularia sp.* et *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et Van Kesteren en traitement de semence de maïs.

2.3. Avantages des extraits de plantes

L'emploi des extraits de plantes comporte des avantages certains. Avec l'augmentation des prix des produits chimiques et la rareté de ces produits sur les marchés locaux, les produits biodégradables provenant de plantes constituent une bonne alternative qui permet aux producteurs de pouvoir assurer la protection de leurs semences à un coût relativement faible (Bouda *et al.*, 2001). La réduction de l'emploi des pesticides chimiques due à l'utilisation des extraits de plantes contribue énormément à la réduction de la pollution de l'environnement et cela permet également d'améliorer la santé publique des populations. L'emploi des extraits des plantes dans la lutte contre les champignons est prometteur compte tenu de leur efficacité et de leur innocuité sur l'environnement (Weaver et Subramanyam, 2000).

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DU THEME

Chapitre 1: Efficacité *in vitro* des extraits aqueux de plantes contre *Colletotrichum graminicola* et *Phoma sorghina*

1.1. Introduction

Pouvoir mettre à la disposition des producteurs des produits naturels efficaces en traitement de semences constitue une grande préoccupation étant donné les coûts très élevés des produits chimiques, leur nocivité et la rareté de certains produits phytopharmaceutiques sur les marchés (Bouda *et al.*, 2001). La recherche d'alternatives par l'utilisation d'extraits de plantes nous a conduit à tester l'efficacité des extraits de plantes de *Cassia occidentalis* L., *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del et *Portulaca oleracea* L. *in vitro* contre *C. graminicola* et *P. sorghina* isolés des semences de sorgho.

1.2. Matériels et méthodes

1.2.1. Matériels

1.2.1.1. Les espèces végétales testées

-*Cassia occidentalis* L. appartient à la famille des *Caesalpinaceae*. C'est une herbe ou sous bois ligneux annuel ou bisannuel, érigé ou glabre, pouvant atteindre 1m de haut. Adventice des champs cultivés et des terrains vagues, cette plante est utilisée en médecine. Elle est considérée comme la plus importante plante médicinale contre le paludisme dans les pays du Sahel. Les décoctions des racines sont efficaces contre la fièvre (Okezie et Agyakwa, 1987) (photo 1). En plus de ces propriétés médicinales, cette plante possède des propriétés antifongiques. Bonzi (2005) montre que les extraits de feuilles fraîches de *Cassia occidentalis* aux concentrations de 50, 75 et 100% réduisent efficacement la croissance radiale de *Bipolaris maydis* et contrôlent totalement sa sporulation.

-*Portulaca oleracea* L. est une herbe annuelle semi-prostrée et glabre appartenant à la famille des *Portulacaceae*. Cette herbe communément appelée pourpier a des tiges épaisses et charnues. Ses feuilles sont épaisses et sub-opposées, la propagation de l'espèce est assurée par les graines. Adventice cosmopolite des champs et terrains vagues, cette herbe est largement répandue en Afrique de l'Ouest (Okezie et Agyakwa, 1987) (photo 2). Les feuilles de *P. oleracea* sont utilisées comme légumes et sont consommées par les habitants des Hauts



Photo : S. Ouédraogo

Photo 1 : Plante de *Cassia occidentalis* L.



Photo : J. Sanou

Photo 2 : Plante de *Portulaca oleracea* L.



Photo G. T Dabiré

Photo 3 : Plante de *Balanites aegyptiaca* L.



Photo : J. M. Michaud

Photo 4 : Plante de *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf.

Bassins (Bobo). Les travaux de Somda *et al.* (2003) ont montré que cette herbe avait des propriétés antifongiques.

-*Balanites aegyptiaca* (L.) Del. couramment appelé dattier du désert appartient à la famille des *Balanitacées*. C'est un arbre de taille atteignant 6 m, dépassant rarement 10 m de hauteur et 30 cm de diamètre. L'écorce de couleur grise est lisse chez les jeunes arbres et crevassée chez les arbres âgés. C'est une espèce des zones sahéliennes et soudano-sahéliennes. La plante connaît plusieurs utilisations. Elle est plantée comme haie vive. Les feuilles, les fleurs et les fruits sont consommés. Les écorces, les feuilles et les racines sont utilisées en médecine pour soigner divers maux (Von et Maydell, 1983) (photo 3). Le dattier du désert possède également des propriétés fongistatiques sur *Colletotrichum capsisi* (Syd.) Butler et Bishy (Séréme, 1999).

-*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. C'est une graminée aromatique de la famille des *Poaceae*. *C. citratus* est une herbe vivace à feuilles linéaires rubanées. Elle est cultivée pour ses propriétés médicinales et ses huiles essentielles utilisées en cosmétique et en parfumerie (Okezie et Agyakwa, 1987) (photo 4). Les travaux de Somda *et al.* (2003) montrent que la citronnelle possède des propriétés antifongiques.

1.2.1.2. Les champignons testés

Les espèces de champignons que nous avons testées sont *C. graminicola* et *P. sorghina*. Ces champignons ont été isolés respectivement des échantillons 751So06 (provenant de Diébougou) et de l'échantillon So32-06 (de la région du centre du pays). Les semences ont été incubées suivant la méthode du papier buvard sous 12 heures de lumière proche UV alternée avec 12 heures d'obscurité selon la méthode décrite par Mathur et Kongsdal (2003). A l'issue de 7 jours d'incubation, les semences sont observées à la loupe stéréoscopique et, à l'aide d'une aiguille, les pycnides de *P. sorghina* ou les acervules de *C. graminicola* sont prélevées et déposées dans des boîtes de Pétri contenant le milieu gélosé à base de pomme de terre glucosée (PDA). Les boîtes de Pétri sont incubées en condition de lumière noire (12 heures) alternée avec l'obscurité (12 heures). Les isolats obtenus sont purifiés au besoin et conservés au congélateur.

1.2.2. Méthodes

1.2.2.1. Collecte et préparation des poudres et macérations d'organes végétaux

a. Collecte et préparation des poudres

Pour notre étude, nous avons utilisé des organes végétaux séchés. Les poudres sont obtenues en procédant de différentes manières en fonction des espèces végétales.

**Cassia occidentalis* : Les organes utilisés sont les feuilles. Elles ont été récoltées en septembre 2005 et mises à sécher à l'ombre dans un tunnel. Les feuilles séchées sont ensuite broyées à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir la poudre.

**Portulaca oleracea* : Toute la partie aérienne de la plante a été utilisée. Les plantes ont été récoltées sur le périmètre maraîcher de Kôdédi sur l'axe Bobo-Dioulasso-Banfora (Burkina Faso). Après l'arrachage, les plantes sont débarrassées de leurs racines et séchées à l'ombre sous un tunnel. Pour faciliter le broyage, les organes sont concassés dans un mortier et séchés à l'étuve à 70°C pendant 24 heures. Les organes sont ensuite réduits en poudre à l'aide du broyeur électrique.

**Balanites aegyptiaca* : L'écorce est la partie de la plante que nous avons utilisée. Sur des pieds identifiés sur l'axe Bobo-Dioulasso-Banfora, nous avons prélevé des écorces que nous avons concassées à l'état frais à l'aide d'un mortier. Les écorces concassées sont ensuite séchées à l'étuve à 70 °C pendant 24 heures puis réduites en poudre à l'aide du broyeur électrique.

* *Cymbopogon citratus* : La poudre des feuilles a été fournie par Dr Dakuyo P. Zéphirin, laboratoire Phytofla de Banfora.

b. Préparation des macérations

Un extrait à 30% est préparé pour chaque espèce végétale. L'extrait est obtenu en laissant macérer respectivement pendant 6, 12, 24 et 48 heures 30 g de poudre de l'espèce végétale dans 100 ml d'eau stérile à 25°C. A l'issue de chaque période de macération, l'extrait est obtenu par pressage et filtrage à travers un tissu fin. L'extrait recueilli est conservé pendant 72 heures en réfrigération afin de favoriser la décantation. Après décantation le surnageant est utilisé pour préparer le milieu de culture ou pour la conduite des tests en traitement de semence.

1.2.2.2. Préparation des milieux gélés à base d'extrait et du milieu à base du fongicide

Le milieu à base de l'extrait est obtenu en ajoutant 39 g de PDA à 1l de l'extrait à 30%. Le mélange est stérilisé à l'autoclave à 120 °C pendant 30 mn. Après refroidissement à 60 °C

environ, le milieu gelosé est réparti dans des boîtes de Petri de 9 cm de diamètre en condition aseptique sous la hotte à flux laminaire.

Le milieu avec Calthio DS (lindane plus thiram) est obtenu en ajoutant une quantité nécessaire de PDA à un volume convenable que l'on stérilise dans les conditions précédentes. Après refroidissement, le Calthio DS est ajouté à raison de 2,5 g/l de milieu et réparti dans des boîtes de Petri en condition aseptique.

1.2.2.3. Inoculation des milieux et incubation

Les champignons à tester sont cultivés sur un milieu PDA contenu dans des boîtes de Petri de 9 cm de diamètre. A partir d'une colonie âgée de dix (10) jours, quatre (4) explantats mycéliens de taille identique (5 mm) sont délimités à l'aide d'un emporte-pièce. Chaque explantat est ensuite déposé au centre d'une boîte de Petri contenant un des milieux de culture. Les boîtes ainsi inoculées sont incubées à l'étuve à 28 °C et à l'obscurité pendant 10 jours.

1.2.2.4 Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé est un bloc complètement randomisé. Il comporte six traitements avec trois répétitions pour chaque traitement. Les traitements réalisés sont :

- le témoin eau: milieu normal de PDA,
- le témoin fongicide: milieu gelosé avec le Calthio DS à 2,5 g/l.
- M6 : milieu gelosé préparé à partir d'un extrait macéré pendant 6 heures,
- M12 : milieu gelosé préparé à partir d'un extrait macéré pendant 12 heures,
- M24 : milieu gelosé préparé à partir d'un extrait macéré pendant 24 heures,
- M48 : milieu gelosé préparé à partir d'un extrait macéré pendant 48 heures.

1.2.2.5. Evaluation, analyse des données et expression des résultats

L'évaluation de la croissance radiale a consisté à tracer sur le couvercle de la boîte de Pétri deux droites perpendiculaires passant par le centre de l'explantat. Les diamètres des colonies mycéliennes (en cm) sont mesurés à 10 JAI (jour après incubation). Un diamètre moyen est calculé pour chacune des trois boîtes de Pétri. A partir des diamètres moyens des colonies, nous avons calculé le pourcentage d'inhibition de chaque extrait en utilisant la formule de Greche et Hajjaji (2000).

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = 100 \times \frac{\text{DME}}{\text{DMT}}$$

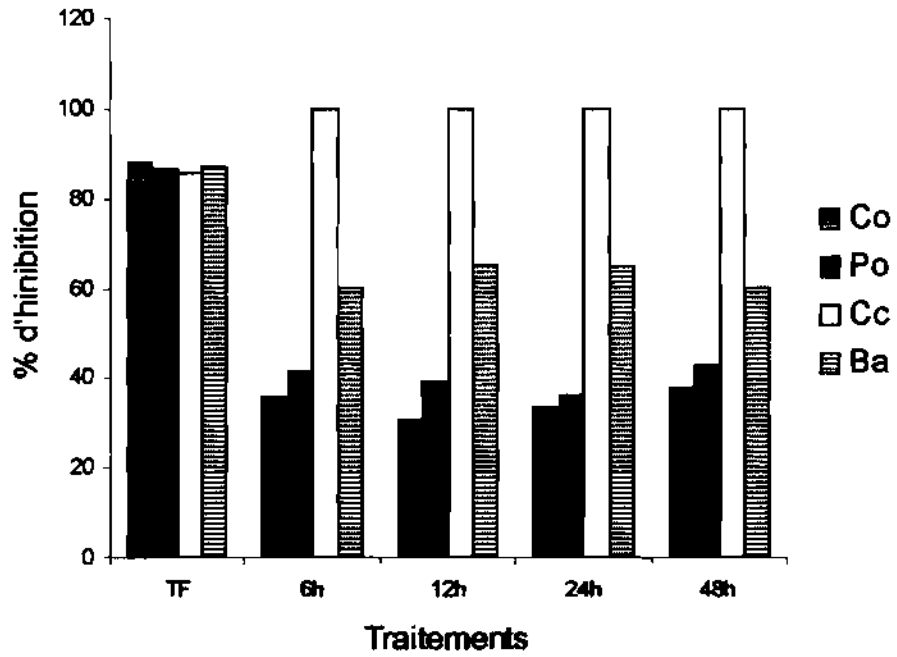


Figure 1 : Effet de quatre extraits de plantes sur la croissance radiale de *Colletotrichum graminicola*.

Co : *Cassia occidentalis*, Po : *Portulaca oleracea*, Cc : *Cymbopogon citratus*, Ba : *Balanites aegyptiaca*.

DMT : Diamètre Moyen sur le milieu témoin (milieu normal), DME : Diamètre Moyen sur le milieu avec extrait.

Une analyse de variance a été ensuite réalisée avec le logiciel SAS INC de SAS Institut, 1993 et les diamètres moyens de chaque champignon ont été comparés par le test de classification multiple de Student Newman et Keuls au seuil de 5%.

Les résultats du taux d'inhibition sont présentés sous forme d'histogramme tandis que ceux de l'analyse de variance sont présentés dans des tableaux.

1.3. Résultats et discussion

1.3.1. Résultats

Les annexes 1, 2, 3 et 4 présentent les résultats de l'analyse de variance qui montrent des différences très hautement significatives (au seuil de 5%) entre les extraits végétaux utilisés d'une part et entre les différentes durées de macération appliquées d'autre part.

1.3.1.1. Efficacité des extraits aqueux sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum graminicola*.

Toutes les espèces végétales testées réduisent significativement la croissance radiale de *C. graminicola* comparativement au témoin eau (Tableau I). La comparaison avec le témoin fongicide indique que seul l'extrait de la citronnelle entraîne un effet d'inhibition totale quelle que soit la durée de macération (Figure 1 et tableau I). Elle contrôle complètement le développement de *C. graminicola* pour l'ensemble des durées de macération appliquées (Tableau II). Quant aux extraits de *Cassia occidentalis* et *Portulaca oleracea*, ils ont été les moins efficaces dans l'inhibition de la croissance radiale du champignon aux durées de macération 6, 12 et 24 heures (Tableau II). Au niveau de chaque espèce végétale testée, nos résultats ne révèlent pas de différences entre les durées de macération de *Balanites aegyptiaca*, *C. citratus* et *P. oleracea* (Tableau I).

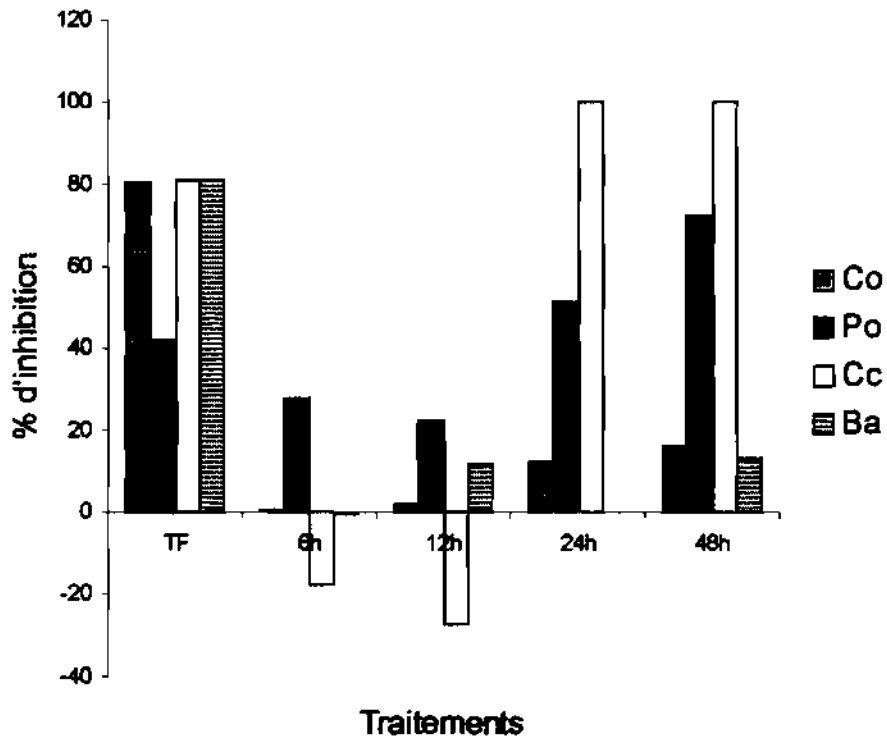


Figure 2 : Effet de quatre extraits de plantes sur la croissance radiale de *Phoma sorghina*
 Co : *Cassia occidentalis*, Po : *Portulaca oleracea*, Cc : *Cymbopogon citratus*, Ba : *Balanites aegyptiaca*.

Tableau I : Effet des extraits végétaux macérés pendant différentes durées, sur la croissance radiale de *Colletotrichum graminicola*.

Traitements	Croissance radiale (en cm)			
	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>P. oleracea</i>
T.E.	8,13a	7,30a	6,33a	9,00a
T.F.	1,00d	1,06b	0,83c	1,20c
M6	5,26bc	0c	2,53b	5,26b
M12	5,63b	0c	2,20b	5,46b
M24	5,40bc	0c	2,30b	5,73b
M48	5,03c	0c	2,50b	5,13b

T.E.: Témoin eau, T.F. : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

Tableau II: Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales sur la croissance radiale de *Colletotrichum graminicola* en fonction des durées de macération

Espèces végétales	Croissance radiale (en cm)			
	M6	M12	M24	M48
<i>C. occidentalis</i>	5,26a	5,63a	5,40a	5,03a
<i>C. citratus</i>	0c	0c	0c	0c
<i>B. aegyptiaca</i>	2,53b	2,2b	2,3b	2,5a
<i>P. oleracea</i>	5,26a	5,46a	5,73a	5,13a

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

1.3.1.2. Efficacité des extraits aqueux sur la croissance mycélienne de *P. sorghina*

L'effet comparé des différentes durées de macération avec le témoin eau montre que l'extrait de *C. occidentalis* macéré pendant 48 heures, *C. citratus* et *P. oleracea* à M24 et M48 réduisent efficacement la croissance radiale du champignon (Tableau III). Aucune différence n'est observée entre les extraits de *B. aegyptiaca* et le témoin eau (Tableau III). Excepté l'extrait de *B. aegyptiaca*, l'efficacité des autres espèces végétales augmente lorsque la durée de macération est plus importante. En particulier les extraits de *C. citratus*, macérés pendant 6 et 12 heures, stimulent la croissance radiale tandis que les extraits macérés pendant 24 et 48 heures inhibent complètement le développement du champignon (Figure 2 et tableau III). Ces extraits de *C. citratus* sont même plus efficaces que le témoin fongicide (tableau III). Les

extraits aqueux M6 de *P. oleracea* et M24 et M48 de *C. citratus* sont les plus efficaces dans la réduction de la croissance mycélienne de *P. sorghina* (Figure 2, tableau IV).

Tableau III : Effet des extraits végétaux macérés pendant différentes durées, sur la croissance radiale de *Phoma sorghina*.

Traitements	Croissance radiale (en cm)			
	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>P. oleracea</i>
T.E.	4,63a	5,26b	5,03a	4,43a
T.F.	0,90c	1,00c	0,96b	2,56b
M6	4,60a	6,20a	5,06a	3,16ab
M12	4,53a	6,70a	4,40a	4,36a
M24	4,06ab	0d	5,00a	2,16b
M48	3,86b	0d	4,4a	1,23c

T.E.: Témoin eau, T.F.: Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

Tableau IV : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales sur la croissance radiale de *Phoma sorghina* en fonction des durées de macération.

Espèces végétales	Croissance radiale (en cm)			
	M6	M12	M24	M48
<i>C. occidentalis</i>	4,60a	4,53b	4,06b	3,86a
<i>C. citratus</i>	6,20a	6,70a	0d	0c
<i>B. aegyptiaca</i>	5,06a	4,4b	5,00a	4,4a
<i>P. oleracea</i>	3,16b	4,36b	2,16c	1,23b

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

1.3.2. Discussion

L'efficacité des extraits de plantes diffère d'une espèce de champignon à une autre. En effet les résultats obtenus montrent que *Colletotrichum graminicola* est plus sensible à la toxicité des extraits végétaux testés contrairement à *Phoma sorghina*. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Adekunle et Ikumapayi (2006) qui ont montré que *Aspergillus flavus* Link ex Fries, *Candida albicans* Brown, *Microsporium audouinii* TER, *Penicillium* sp., *Trichophyton mentagrophytes* Ger., C. Takashio M., *Trichoderma* sp. et *Trichosporon cutaneum* Has. présentent des niveaux de sensibilité différents en fonction des extraits aqueux de *Funtumia elastica* Fresen. et *Mallotus oppositifolius* (Geiss) Muell. Arg. Fresen.

En fonction du champignon et de la durée de macération, les extraits végétaux peuvent présenter des effets opposés. Les extraits de *Cymbopogon citratus* macérés pendant 6 et 12 heures stimulent la croissance radiale de *P. sorghina* alors que ceux macérés pendant 24 et 48 heures inhibent complètement le développement du champignon. A faible dose, l'extrait de *C. citratus* se comporte comme une substance nutritive. Il enrichit alors le milieu de culture et entraîne une croissance radiale plus importante que le témoin eau. L'augmentation de la durée de macération élève la concentration de la substance active pour les extraits macérés pendant 24 et 48 heures qui deviennent plus efficaces et inhibent la croissance mycélienne du champignon. Des résultats similaires sont obtenus par Coventry et Allan (2001) qui ont montré que l'extrait de neem à faible dose contient des substances qui favorisent la croissance radiale de *Aspergillus flavus* Link ex Fries. De même, les travaux de Nwachukwu et Umecheruba (2001) révèlent que la dilution des extraits de *Carica papaya*, de *Azadiractha indica*, de *Ocimum basilicum* L. et de *Vernonia amigdalina* L. réduit l'effet inhibiteur de ces extraits sur *Aspergillus flavus*, *A. niger* Van Tieghem et *Botryodiplodia theobromae* Pat.

L'étude montre aussi que la sensibilité de *C. graminicola* varie en fonction de l'espèce végétale testée. Le champignon est plus sensible à l'extrait de *C. citratus* suivi de l'extrait de *B. aegyptiaca*. Les extraits de *C. occidentalis* et *Portulaca oleracea* manifestent des niveaux d'efficacité plus réduits. La différence d'efficacité observée entre les espèces végétales s'expliquerait par une variation de la concentration de la substance active d'une espèce végétale à une autre. Des résultats semblables sont obtenus par Wilson *et al.* (1997) qui, en évaluant les propriétés antifongiques de 345 espèces végétales contre *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr., montrent que les espèces de *Allium* et *Capsicum* sont plus efficaces dans l'inhibition

de la germination des conidies du champignon par rapport aux autres espèces végétales parmi lesquelles *Adenocalyma*, *Tulbaghia*, *Amaranthus*, etc.

En considérant *P. sorghina*, il ressort que l'augmentation de la durée de macération élèverait la toxicité des extraits de *C. occidentalis*, *P. oleracea* et *C. citratus*. Au niveau de ces plantes, la libération de la substance active est donc fonction de la durée de macération. Quant à *B. aegyptiaca*, l'augmentation de la durée de macération ne semble pas avoir un effet sur la concentration de la substance active de l'extrait. La solubilité de la substance active serait grande chez *B. aegyptiaca*, tandis que chez les autres espèces la solubilité augmenterait progressivement en fonction de la durée de macération.

Chapitre 2: Efficacité des extraits aqueux de plantes en traitement de semences de sorgho.

2.1. Introduction

Les extraits aqueux de *Balanites aegyptiaca*, *Cassia occidentalis*, *Cymbopogon citratus* et *Portulaca oleracea* ont montré une efficacité *in vitro* contre *Colletotrichum graminicola*. Ces mêmes extraits, excepté celui de *B. aegyptiaca* inhibent la croissance radiale de *Phoma sorghina*. Les extraits de plantes testés pourraient constituer une alternative dans la recherche de substances biodégradables en traitement de semences contre ces deux champignons. Au vu de ces résultats, nous avons entrepris de vérifier les propriétés antifongiques de ces extraits en traitement de semences de sorgho contre *C. graminicola* et *P. sorghina*.

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Matériels biologiques

2.2.1.1. Caractéristiques de l'échantillon de semences de sorgho testé

L'échantillon de semences 751So06 qui présente un niveau élevé d'infection par *C. graminicola* et *P. sorghina* est retenu pour l'évaluation de l'efficacité des extraits en traitement de semence. Le tableau IX présente les caractéristiques de cet échantillon.

Tableau V : Caractéristiques de l'échantillon de semences de sorgho 751So06.

Champignons	Taux d'infection (en %)	Dégâts
<i>Alternaria longissima</i>	1,5	Décolorations des grains,
<i>Alternaria raphani</i>	0,5	moisissures des grains.
<i>Aspergillus flavus</i>	0,5	Moisissures des grains.
<i>Bipolaris bicolor</i>	0,5	Nécroses foliaires, décolorations des grains.
<i>Cladosporium sp.</i>	1,5	Moisissure des grains
<i>Colletotrichum graminicola</i>	32	Pourriture des tiges, nécroses des feuilles, décolorations des grains
<i>Curvularia cymbopogonis</i>	8	Moisissures et décolorations des grains.
<i>Curvularia eragrostidis</i>	80	
<i>Curvularia pallescens</i>	8	
<i>Fusarium equiseti</i>	0,5	Pourriture des tiges et racines,
<i>Fusarium moniliforme</i>	14,5	réduction de la taille des grains, déformations foliaires, moisissures des grains et fonte de semis
<i>Gloeocercospora sorghi</i>	0,5	Taches foliaires (maladie des taches zonées)
<i>Phoma sorghina</i>	78	Moisissure des grains, décoloration des grains, fonte de semis et taches foliaires.
<i>Rhizopus sp.</i>	2,5	Moisissures des grains

2.2.1.2. Les espèces végétales testées

Les quatre (4) espèces végétales testées *in vitro* sont utilisées en traitement des semences. Ce sont *Balanites aegyptiaca*, *Cymbopogon citratus*, *Cassia occidentalis* et *Portulaca oleracea*.

2.2.2. Méthodes

2.2.2.1. Techniques d'échantillonnage

A partir de l'échantillon soumis, six échantillons de travail sont constitués. Chaque échantillon de travail est obtenu en prélevant 2100 grains de l'échantillon soumis. Pour le test de traitement des semences avec les extraits végétaux, nous avons utilisé 1050 grains de l'échantillon de travail.

2.2.2.2. Préparation des extraits et trempage des grains

a-Préparation des extraits

Les extraits végétaux sont obtenus en procédant comme nous avons décrit dans le paragraphe 1.2.2.1 du chapitre 1, page 11.

b-Trempage des grains

Cinquante (50) grains de sorgho sont trempés dans 10 ml de chaque extrait contenu dans un pot de 100 ml. Trois durées de trempage sont observées à savoir 6 heures, 12 heures et 24 heures.

2.2.2.3. Incubation des semences

Les grains sont incubés suivant la méthode du papier buvard décrite par ISTA (1999) et Mathur et Kongsdal (2003). Vingt cinq grains sont placés dans une boîte de Petri de 9 cm de diamètre contenant trois disques de papier buvard imbibés d'eau stérile. Les grains sont disposés sur deux cercles concentriques à raison de quinze (15) grains sur le cercle externe, neuf sur le cercle intérieur et un grain au centre. Les boîtes de Petri sont ensuite déposées dans la chambre d'incubation à $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ sous 12 heures de lumière proche UV alternée avec l'obscurité (12 heures).

2.2.2.4. Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé est un dispositif en split plot comportant trois blocs. Chaque bloc comporte sept (7) traitements avec trois répétitions. Deux facteurs à savoir les durées de macération et de trempage sont étudiés. Le facteur temps de trempage se compose des blocs 6 heures, 12 heures et 24 heures de trempage et le facteur durées de macération comprend sept traitements que sont les témoins (absolu, eau et fongicide) et quatre durées de macération (6, 12, 24 et 48 heures).

2.2.2.5. Evaluation, analyse des données et expression des résultats

L'évaluation est réalisée sept jours après incubation des semences traitées. Elle consiste à rechercher sur chaque grain les organes de fructification de *C. graminicola* et *P. sorghina* à l'aide de la loupe stéréoscopique et du microscope. L'identification est confirmée par des observations fines des conidies du champignon au microscope. Une comparaison des caractères cultureux et des conidies du champignon avec la description et les photographies proposées par Mathur et Kongsdal (2003) permet d'identifier le champignon. Les initiales du champignon identifié sont inscrites sur le papier buvard et les résultats de l'évaluation sont enregistrés sur une fiche.

Les fréquences d'apparition de chaque champignon sont analysées à l'aide du logiciel SAS INC de SAS Institut, 1993. Les moyennes calculées sont comparées en utilisant la

comparaison multiple de Student Newman et Keuls au seuil de 5%. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux.

2.3. Résultats et discussion

2.3.1. Résultats

2.3.1.1. Effet des durées de trempage et de macération des extraits de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par *C. graminicola* et *P. sorghina*

a. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par *C. graminicola* après 6 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont consignés dans l'annexe 5. L'analyse de variance montre une différence significative entre les extraits macérés pendant 48 heures. Aucune différence n'est observée au niveau des autres durées de macération. L'activité antifongique des extraits de *B. aegyptiaca*, *C. citratus* et *P. oleracea* est plus importante que celle des extraits de *C. occidentalis* au temps de macération 48 heures (tableau VI).

Tableau VI : Effets comparés de quatre extraits de plantes sur le taux d'infection des semences par *Colletotrichum graminicola* après 6 heures de trempage.

Espèces végétales	Taux d'infection (%) en fonction des durées de macération			
	M6	M12	M24	M48
<i>B. aegyptiaca</i>	8,67a	8a	8a	7,33ab
<i>C. occidentalis</i>	11,67a	10,67a	9,67a	12,33a
<i>C. citratus</i>	10a	8a	11,67a	10,67b
<i>P. oleracea</i>	8,33a	7,67a	6,33a	2,67b

M6, M12, M24, M48 : Macération 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

b. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par *P. sorghina* après 6 heures de trempage

L'annexe 6 présente les résultats de l'analyse de variance. Pour les durées de macération 6 et 24 heures, l'analyse de variance a montré des différences hautement significatives. Par contre, aux durées de macération 12 et 48 heures, l'analyse de variance ne révèle pas de différences significatives entre les espèces végétales. Nos travaux indiquent qu'à 6 heures de macération, les extraits de *B. aegyptiaca*, *C. occidentalis* et *C. citratus* sont plus efficaces dans la

réduction de l'infection des semences que les extraits de *P. oleracea*. Cependant, lorsque la macération est effectuée pendant 24 heures, seul l'extrait de *B. aegyptiaca* et dans une moindre mesure *C. citratus* réduisent plus efficacement l'infection par *P. sorghina*. (Tableau VII).

Tableau VII : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences par *Phoma sorghina* après 6 heures de trempage.

Espèces végétales	Taux d'infection en fonction des durées de macération			
	M6	M12	M24	M48
<i>B. aegyptiaca</i>	25,67b	29a	18,33b	19a
<i>C. occidentalis</i>	30b	26a	29,67a	27,33a
<i>C. citratus</i>	26,67b	20a	25,67ab	25,67a
<i>P. oleracea</i>	41a	30,33a	30,33a	30,33a

M6, M12, M24 et M48 : extraits obtenus après 6, 12, 24 et 48 heures de macérations. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

c. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par *C. graminicola* après 12 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont enregistrés dans l'annexe 7. A l'exception de la durée de macération 12 heures, l'analyse de variance révèle des différences significatives au niveau des autres durées de macération. A la durée de macération 6 heures, l'extrait de *C. citratus* entraîne une baisse importante du taux d'infection. Les extraits de *B. aegyptiaca* et *C. citratus* sont les plus efficaces à la durée de macération 24 heures. Macérés pendant 48 heures, les extraits de *B. aegyptiaca*, *C. citratus* et *P. oleracea* montrent plus d'efficacité par rapport à ceux de *C. occidentalis* (Tableau VIII).

Tableau VIII: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 12 heures de trempage.

Espèces végétales	Taux d'infection en fonction des durées de macération			
	M6	M12	M24	M48
<i>B. aegyptiaca</i>	2,33ab	5a	1,67b	0,67b
<i>C. occidentalis</i>	8a	7,67a	8,67a	7,33a
<i>C. citratus</i>	1,67b	1a	1b	1,33b
<i>P. oleracea</i>	5ab	5,33a	3ab	2,67b

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

d. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences par *P. sorghina* après 12 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont présentés dans l'annexe 8. En fonction de la durée de macération, l'analyse de variance a montré des différences significatives entre les extraits macérés pendant 24 heures, des différences hautement significatives entre les extraits macérés pendant 6 et 12 heures et enfin des différences très hautement significatives entre les extraits macérés pendant 48 heures. Les extraits macérés pendant 6 et 24 heures de *C. citratus* réduisent de plus de 1/5 et de 1/3, respectivement, le taux d'infection comparativement aux extraits des autres espèces végétales. En macérant pendant 48 heures, l'extrait de *B. aegyptiaca* se montre plus efficace et entraîne une réduction de plus de 1/9 du taux d'infection comparativement aux autres extraits végétaux (Tableau IX).

Tableau IX: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 12 heures de trempage.

Espèces végétales	Taux d'infection en fonction des durées de macération			
	M6	M12	M24	M48
<i>B. aegyptiaca</i>	19,33ab	10,33ab	17ab	2c
<i>C. occidentalis</i>	17,33ab	24,33a	19ab	18b
<i>C. citratus</i>	3,33b	7,33ab	5,67b	15,67b
<i>P. oleracea</i>	36a	27,67a	28,33a	27,67a

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

e. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences de sorgho par *C. graminicola* après 24 heures de trempage

L'annexe 9 présente les résultats de l'analyse de variance. Aux durées de macération 6, 12 et 48 heures, l'analyse de variance ne montre pas de différences significatives. Des différences hautement significatives sont observées en macérant pendant 24 heures les extraits végétaux. En général, les extraits M24 de *C. citratus*, *P. oleracea* et, dans une moindre mesure, *B. aegyptiaca* sont plus efficaces dans l'inhibition du taux d'infection de *C. graminicola* comparativement à l'extrait de *C. occidentalis* (Tableau X).

Tableau X: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 24 heures de trempage.

Espèces végétales	Taux d'infection en fonction des durées de macération			
	M6	M12	M24	M48
<i>B. aegyptiaca</i>	4a	2,67a	3,33ab	0,33a
<i>C. occidentalis</i>	5,33a	5,33a	6,67a	3,67a
<i>C. citratus</i>	0,67a	1,33a	0,67b	0,33a
<i>P. oleracea</i>	1a	2,33a	0,33b	0,33a

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

f. Effet des durées de macération des extraits sur le taux d'infection des semences de sorgho par *P. sorghina* après 24 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont consignés dans l'annexe 10. L'analyse de variance a montré des différences significatives entre les extraits quelle que soit la durée de macération. L'extrait de *C. citratus* a provoqué une inhibition importante de l'infection des semences par *P. sorghina* comparativement aux autres extraits testés. En effet, des taux de réduction vont de 1/8 à 1/10 (Tableau XI).

Tableau XI: Effets comparés des extraits des 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 24 heures de trempage.

Espèces végétales	Taux d'infection en fonction des durées de macération			
	M6	M12	M24	M48
<i>B. aegyptiaca</i>	8,33ab	9,67a	9a	5,67ab
<i>C. occidentalis</i>	14ab	18,67a	15a	14a
<i>C. citratus</i>	1b	1,67b	0,67b	0,33b
<i>P. oleracea</i>	30a	16,33a	8,33a	3,33ab

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

2.3.1.2. Effets des extraits de chaque espèce végétale sur le taux d'infection des semences par *C. graminicola* et *P. sorghina* après différentes durées de trempage

a. Effet de différents extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par *C. graminicola* après 6 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont consignés dans l'annexe 11. Ces résultats montrent des différences significatives pour toutes les espèces végétales. Les extraits de *C. citratus* et *P. oleracea* macéré pendant 48 heures réduisent significativement le taux d'infection des semences par *C. graminicola* comparativement au témoin eau. L'effet de ces extraits est comparable à celui du traitement fongicide (tableau XII).

Tableau XII: Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 6 heures de trempage.

Traitements	Taux d'infection (%) selon l'espèce végétale			
	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. oleracea</i>
TA	10a	10a	9,33a	10,33a
TE	11a	8a	7,67a	8,67a
TF	2b	2,33b	2,67b	2,67b
M6	8,67a	11,67a	6ab	8,33a
M12	8ab	10,67a	10,67a	7,67a
M24	8ab	9,67a	7,33a	6,33a
M48	7,33ab	12,33a	5,67b	2,67b

TA : Témoin absolu, TE : Témoin eau, TF : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

b. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par *P. sorghina* après 6 heures de trempage

L'analyse de variance (Annexe 12) montre des différences très hautement significatives pour les extraits de *B. aegyptiaca* et *C. citratus* et des différences très très hautement significatives pour les extraits de *C. occidentalis* et *P. oleracea*. D'une manière générale, l'ensemble des extraits n'entraîne pas une baisse significative du taux d'infection des semences par *P. sorghina* par rapport à celui observé au niveau du témoin absolu et du témoin eau (tableau XIII).

Tableau XIII : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 6 heures de trempage.

Traitements	Taux d'infection selon l'espèce végétale			
	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. oleracea</i>
TA	26a	28,33a	26,67a	28ab
TE	35,67a	27,67a	27,67a	18,33b
TF	2,67b	4,33b	4b	4,33c
M6	25,67a	30a	26,67a	41a
M12	29a	26a	20a	30,33ab
M24	18,33a	29,67a	25,67a	30,33ab
M48	19a	27,33a	25,67a	30,33ab

TA : Témoin absolu, TE : Témoin eau, TF : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

c. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par

Colletotrichum graminicola après 12 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont enregistrés dans l'annexe 13. Au niveau des extraits de *B. aegyptiaca* et *C. occidentalis*, l'analyse de variance a montré des différences hautement significatives. Des différences très hautement significatives et très très hautement significatives sont notées respectivement pour les extraits de *C. citratus* et *P. oleracea*. Toutes les durées de macération des extraits de *C. citratus* et *P. oleracea* entraînent une inhibition significative de l'infection des semences par *C. graminicola* comparativement au témoin eau. Ces deux extraits entraînent des effets similaires à celui du fongicide. Pour *B. aegyptiaca*, seuls les extraits macérés pendant 24 et 48 heures induisent des taux d'infection différents de celui du témoin eau. Ils entraînent également des effets comparables à ceux du témoin fongicide. Les extraits macérés de *C. occidentalis* ne sont pas efficaces en traitement de semence de sorgho contre *C. graminicola* contre dans la réduction du taux d'infection du champignon (Tableau XIV).

Tableau XIV: Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 12 heures de trempage.

Traitements	Taux d'infection selon l'espèce végétale			
	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. oleracea</i>
TA	11a	11a	10a	12a
TE	10,67a	10,67a	12,33a	10,67a
TF	1,67b	3b	2b	2b
M6	2,33ab	8a	1,67b	5b
M12	5ab	7,67a	1b	5,33b
M24	1,67b	8,67a	1b	3b
M48	0,67b	7,33a	1,33b	2,67b

TA : Témoin absolu, TE : Témoin eau, TF : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

d. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 12 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont consignés dans l'annexe 14. Au niveau des extraits de *P. oleracea*, l'analyse de variance a montré des différences hautement significatives. Des différences très hautement significatives sont notées au niveau des extraits de *B. aegyptiaca* et enfin au niveau des extraits de *C. occidentalis* et de *C. citratus*, des différences très très hautement significatives sont observées. Au niveau de *C. citratus*, les extraits macérés pendant 6 et 48 heures induisent une baisse significative du taux d'infection des semences par *P. sorghina* comparativement au témoin eau. Par ailleurs, les extraits macérés pendant 6, 12 et 24 heures ont des effets comparables à ceux du fongicide. Une réduction du taux d'infection de plus de 1/13 est notée avec l'extrait macéré pendant 48 heures de *B. aegyptiaca*, par comparaison avec le témoin eau. Cet extrait produit une inhibition comparable au fongicide (tableau XV).

Tableau XV : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures, sur le taux d'infection des semences sorgho par *Phoma sorghina* après 12 heures de trempage.

Traitements	Taux d'infection selon l'espèce végétale			
	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. oleracea</i>
TA	27,67ab	30,67a	28,33a	36a
TE	32a	24ab	22,67ab	28ab
TF	3c	4,67c	3,33c	6,33b
M6	19,33ab	17,33b	3,33c	36a
M12	10,33bc	24,33ab	7,33c	27,67ab
M24	17ab	19ab	5,67c	28,33ab
M48	2c	18ab	15,67b	27,67ab

TA : Témoin absolu, TE : Témoin eau, TF : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

e. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par *C.*

graminicola après 24 heures de trempage

L'analyse de variance (Annexe 15) a montré des différences hautement significatives entre les extraits de *C. occidentalis*, des différences très hautement significatives entre les extraits de *B. aegyptiaca* et des différences très très hautement significatives entre les extraits de *C. citratus* et *P. oleracea*. Tous les extraits de *C. citratus* et *P. oleracea* induisent une réduction très significative du taux d'infection des semences de sorgho par *C. graminicola* par rapport au témoin eau. Les extraits de *C. citratus* et *P. oleracea* induisent des effets comparables à ceux du fongicide. Quant aux extraits de *B. aegyptiaca* et de *C. occidentalis*, ils diffèrent avec le témoin eau à la durée de macération 48 heures. Par ailleurs, les extraits de ces deux espèces végétales produisent des effets comparables à ceux du fongicide (Tableau XVI).

Tableau XVI : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 24 heures de trempage.

Traitements	Taux d'infection selon l'espèce végétale			
	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. oleracea</i>
TA	12,33a	9,67a	9,67a	12a
TE	9,33ab	10,67a	9a	11,33a
TF	3bc	2,33c	1,33b	2b
M6	4bc	5,33abc	3,67b	1b
M12	2,67bc	5,33abc	5,67b	2,33b
M24	3,33bc	6,67abc	5,33b	0,33b
M48	0,33c	3,67bc	4,33b	0,33b

TA : Témoin absolu, TE : Témoin eau, TF : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

f. Effet des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences de sorgho par *P. sorghina* après 24 heures de trempage

Les résultats de l'analyse de variance sont présentés dans l'annexe 16. L'analyse de variance montre des différences très hautement significatives entre les extraits de *P. oleracea* et des différences très très hautement significatives sont enregistrées pour les extraits de *B. aegyptiaca*, *C. occidentalis* et *C. citratus*. A l'exception des extraits de *P. oleracea*, tous les extraits provoquent une baisse significative du taux d'infection par rapport au témoin eau. En effet, des réductions de 1/5, 1/2 et 1/70 sont notées avec l'extrait M48 de *B. aegyptiaca*, les extraits M6 et M48 de *C. occidentalis* et l'extrait M48 de *C. citratus* respectivement. Par ailleurs l'extrait M48 de *C. citratus* réduit de plus de 1/10 le taux d'infection des semences par *P. sorghina* en comparaison avec le témoin fongicide. Seul l'extrait M48 de *P. oleracea* induit une réduction significativement différente du taux d'infection par *P. sorghina* par rapport au témoin eau. De plus, cet extrait entraîne des effets comparables avec ceux du témoin fongicide (tableau XVII).

Tableau XVII : Effets comparés des extraits de 4 espèces végétales macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 24 heures de trempage.

Traitements	Taux d'infection selon l'espèce végétale			
	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. oleracea</i>
TA	30a	32,67a	28,67a	36a
TE	33,33a	24,67ab	23,67a	29ab
TF	2b	4,67c	5,33b	6,67c
M6	8,33b	14b	1bc	30ab
M12	9,67b	18,67b	1,67bc	16,33abc
M24	9b	15b	0,67bc	8,33bc
M48	5,67b	14b	0,33bc	3c

TA : Témoin absolu, TE : Témoin eau, TF : Témoin fongicide, M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

2.3.1.3. Effet des durées de trempage sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* et *Phoma sorghina* en fonction des durées de macération.

a. Effets des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences par *Colletotrichum graminicola*

Les résultats de l'analyse de variance sont enregistrés dans l'annexe 17. L'analyse de variance montre des différences hautement significatives à M12 et M24, des différences très hautement significatives à M6 et enfin une différence très très hautement significative à M48. Les extraits macérés pendant 6, 12 et 24 heures sont efficaces en traitement de semences lorsque les grains de sorgho sont trempés pendant 12 ou 24 heures dans ces extraits. En laissant macérer les extraits pendant 48 heures, la durée de trempage 24 heures se montre plus efficiente dans la réduction du taux d'infection des semences par *C. graminicola* (Tableau XVIII).

Tableau XVIII: Effet de la durée de trempage des semences de sorgho dans les extraits végétaux macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de par *Colletotrichum graminicola*.

Durées de trempage	Taux d'infection selon la durée de macération des extraits			
	M6	M12	M24	M48
T6	9,66a	8,59a	8,91a	8,25a
T12	6,08b	6,16b	4,33b	4,5b
T24	2,75b	2,91b	2,74b	1,65c

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures, T6, T12, T24 : Durées de trempage 6, 12 et 24 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

b. Effets des extraits végétaux sur le taux d'infection des semences par *Phoma sorghina*

L'analyse de variance (Annexe 18) montre des différences hautement significatives à M12 et des différences très très hautement significatives à M24 et M48. D'une manière générale, une réduction plus importante du taux d'infection des semences par *P. sorghina* est obtenue en trempant les grains pendant 24 heures (tableau XXXVII).

Tableau XIX: Effet de la durée de trempage des semences de sorgho dans les extraits végétaux macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de par *Phoma sorghina*.

Durées de trempage	Taux d'infection selon la durée de macération des extraits			
	M6	M12	M24	M48
T6	30,83a	26,33a	26a	25,5a
T12	18,99a	17,41ab	17,49b	15,83b
T24	13,33a	11,58b	8,24c	5,83c

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures, T6, T12, T24 : Durées de trempage 6, 12 et 24 heures. Les moyennes suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, suivant le test de classification multiple de Student Newman et Keuls.

2.3.2. Discussion

Les extraits des plantes de *B. aegyptiaca*, *C. occidentalis*, *C. citratus* et *P. oleracea* utilisés en traitement de semences de sorgho contre *C. graminicola* et *P. sorghina* entraînent une réduction du taux de contamination de la semence traitée. L'effet d'inhibition des différents

extraits augmente lorsque les grains sont trempés plus longtemps dans l'extrait. La durée de trempage 6 heures ne seraient pas suffisante pour une accumulation des composés antifongiques dans les grains de sorgho. Par contre, une réduction plus importante du taux d'infection des semences est observée après 24 heures de trempage. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Somda *et al.* (2007) qui montrent que l'extrait de *C. citratus* à 30% de concentration réduit l'infection des grains de sorgho naturellement infectés par *P. sorghina* et *C. graminicola* de 65,7 et 100%, respectivement, après 24 heures de trempage. L'augmentation de l'activité antifongique suite à une plus longue durée de trempage s'expliquerait par une accumulation progressive des propriétés antifongiques dans les grains de sorgho.

Pour certaines espèces végétales, une réduction du taux d'infection est notée aux longues durées de macération et de trempage. L'augmentation de l'efficacité avec l'élévation des durées de trempage et de macération s'expliquerait par une variation de la solubilité des substances actives et du degré d'imbibition du grain. Ces résultats confirment ceux obtenus *in vitro*. A ce niveau nos résultats montraient une élévation du niveau d'efficacité de certains extraits suite à une augmentation du temps de macération.

Quelle que soit la durée de macération et de trempage, les extraits macérés de *C. occidentalis* ne réduisent pas significativement le taux d'infection des semences de sorgho par *P. sorghina* comparativement au témoin eau. Cela pourrait être lié à une faible concentration de la matière active qui limite son accumulation dans le grain et partant réduit l'efficacité de l'extrait sur le champignon.

Conclusion générale et perspectives

Le sorgho est l'une des principales céréales cultivées au Burkina Faso. Dans les régions semi-arides chaudes et humides et en particulier au Burkina Faso, la culture du sorgho est confrontée à de nombreuses contraintes parmi lesquelles les maladies fongiques sont à l'origine de pertes importantes. Les agents responsables de ces maladies sont pour la plupart véhiculés par la semence. L'emploi (en traitement de semence) de produits peu nuisibles à l'homme et à l'environnement serait d'un grand apport dans la recherche de solutions convenables aux problèmes posés par les maladies fongiques.

Le but de notre travail est de vérifier les propriétés antifongiques de quatre espèces végétales (*Balanites aegyptiaca*, *Cassia occidentalis*, *Cymbopogon citratus* et *Portulaca oleracea*) contre *Colletotrichum graminicola* agent de l'antracnose et *Phoma sorghina* agent de la moisissure des grains. Nous avons d'abord effectué des tests en milieu de culture à base d'extraits de ces plantes et ensuite nous avons envisagé la vérification des propriétés antifongiques en traitement des semences de sorgho naturellement infectées par *C. graminicola* et *P. sorghina*.

L'étude des propriétés antifongiques *in vitro* montre que toutes les espèces végétales testées inhibent la croissance mycélienne de *C. graminicola* et de *P. sorghina*. Contre *C. graminicola*, les pourcentages d'inhibitions de 38, 43, 65 et 100% ont été observés respectivement pour les extraits de *C. occidentalis*, *P. oleracea*, *B. aegyptiaca* et *C. citratus*. Contre *P. sorghina*, nos travaux indiquent que les extraits de *C. occidentalis*, *P. oleracea* et *C. citratus* engendrent chacun un pourcentage d'inhibition de 16, 72 et 100. Les extraits de *B. aegyptiaca* ne sont pas efficaces *in vitro* contre *P. sorghina*.

Au regard de ces résultats, la vérification de l'efficacité des extraits pourrait être étendue à d'autres champignons ou bactéries très dommageables à certaines spéculations importantes au Burkina Faso.

Nous suggérons que des études soient entreprises pour déterminer la nature des propriétés fongicides ou fongistatiques de l'extrait de *C. citratus* sur *C. graminicola* et *P. sorghina*.

En traitement de semence, excepté *C. occidentalis* qui n'inhibe pas significativement le taux d'infection de *P. sorghina*, les autres espèces végétales testées entraînent une réduction du taux d'infection des grains de sorgho naturellement infestés par *C. graminicola* et *P. sorghina*.

L'étude de l'effet des extraits obtenus pendant différentes durées de macération sur le taux d'infection des semences de sorgho par *C. graminicola* ne révèle pas de différence entre les

extraits testés. Contre *P. sorghina*, cette étude met en exergue des différences entre les extraits de *B. aegyptiaca* et *C. citratus* après 12 heures de trempage et entre les extraits de *P. oleracea* après 24 heures de trempage.

L'effet des durées de trempage des semences de sorgho dans les différents extraits sur la réduction des taux d'infection par les champignons testés, met en évidence les durées de trempages les plus efficaces à une durée de macération donnée. A la durée de macération 6 heures nous pouvons retenir les durées de trempage 12 heures contre *C. graminicola* et 6 heures contre *P. sorghina*. Pour les extraits macérés pendant 12 heures, ce sont les durées de trempage 12 et 24 heures qui sont plus efficaces contre *C. graminicola* et *P. sorghina*, respectivement. A la durée de macération 24 heures, les durées de trempage 12 et 24 heures sont les plus efficaces contre *C. graminicola* et *P. sorghina*, respectivement. Enfin, lorsque les extraits sont macérés pendant 48 heures, une plus grande efficacité est notée contre les deux champignons après 24 heures de trempage.

A l'issue de ce travail, des questions restent posées et constituent des axes majeurs de recherche pour mieux comprendre les effets des extraits. La première est relative à l'effet de ces extraits sur l'émergence des grains de sorgho. Ce travail va permettre de savoir si les extraits ont des effets répressifs ou non sur la germination et il va aussi nous orienter sur le choix des extraits et des doses convenables pour l'implantation des essais au champ.

La deuxième préoccupation porte sur l'utilisation de ces extraits au champ. Cette étude va permettre de vérifier l'efficacité des extraits en milieu paysan. Les données que nous allons collecter vont nous servir pour la mise au point de formule de produits en traitement de semences à base d'extraits de plantes.

Enfin, d'autres études portant sur l'amélioration de l'efficacité des extraits peuvent être envisager à travers le mélange des extraits. Ce travail va nous apporter la réponse sur l'additivité des effets antifongiques des extraits.

Références bibliographiques

- Adekunle A.A., Ikumapayi A.M., 2006.** Antifungal property and phytochemical screening of the crude extracts of *Funtumia elastica* and *Mallotus oppositifolius*. *Indian Medical Journal*, vol. 55 (4): 205-210.
- Ali M.K.L., Warren H.L., Lati R.X., 1987.** Relationship between anthracnose leaf blight and loss in grain yield of sorghum. *Plant Disease*, 71: 803-806.
- Basu-chaudhary K.C., Mathur S.B., 1979.** Infection of sorghum seed by *Colletotrichum graminicola*, *Seed Science and Technology*, 7: 87-92.
- Bouda H., Tapondjou L. A., Fontem D. A. and Gumedzoe M.Y.D., 2001.** Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conizoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Stophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 37: 103-109.
- Bonzi S., 2005.** Efficacité des extraits aqueux dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de maïs (*Zea mays* L.) : Cas particulier de *Bipolaris maydis* (Nisikado et Miyake) Shoem., agent de l'helminthosporiose. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 56p.
- Browning M., Rowley L.V., Zeng P., Chandlee J.M. and Jackson N., 1999.** Morphological, pathogenic and genetic comparisons of *Colletotrichum graminicola* isolates from Poaceae. *Plant Disease*, 83: 286-292.
- Cardwell K.F., Hepperly P. R., Frederiksen R. A., 1989.** Pathotype of *Colletotrichum graminicola* and seed transmission of sorghum anthracnose. *Plant Disease*, 73: 255-257.
- Carina M.F.A., 1981.** Insecticidal screening of crude extract from nine compositaea species and their characterisation of insecticidal fraction from *Thithonia diversifolia* A. Gray M.S. Thesis, Los Banos college Laguna, Philippines. 121p.
- Champion R., 1997.** Identification des champignons transmis par les semences. Techniques et pratiques. Edition INRA, France. 398 p.
- Coventry E., Allan E. J., 2001.** Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) extracts: New data on antimicrobial activity. *Phytoparasitica*, 29 (5): 441-450.

- Dabiré T.G., 2004.** Etude de l'efficacité d'extraits végétaux contre les agents pathogènes fongiques transmis par les semences de mil et de sorgho. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 65p.
- FAO, ICRISAT, 1996.** The word sorghum and millet economics facts, trends and outlook. pp. 1-25.
- Fatope M.O., Nuhu A.M., Takeda Y., 1995.** Cowpea weevil bioassay: a simple pre-screening for plant with grain protectant effects. *International Journal of Pest Management*, 42 (2): 84-86.
- Frederiksen R.A., 1999.** Compendium of sorghum diseases. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, USA. 82 p.
- Greche H., Hajjaji N., 2000.** Chemical Composition and Antifungal Properties of the Essential Oil of *Tanacetum annun.* *Journal of Essential Oil Research*, 12: 122-124.
- Hema T., 2005.** Evaluation des caractéristiques morphologiques d'hybride de sorgho guinea (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 66p.
- Hepperly H.R., Feliciano C. Sotomayor-Rios A., 1987.** Influence of panicle fungicide and harvest schedules on sorghum seed quality under humid tropical condition in Puerto Rico. *J. Agric. Univ P. R.*, 71:75-83.
- ISTA (International Seed Testing Association), 1999.** International Rules for Seed Testing. *Seed Science and Technology*, 23: 269p.
- Leland R.H., 1987.** Manuel pour la selection du sorgho. International Crops Research for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru P.O. Andhra Pradesh 502324, Inde. 229p.
- Marley P.S., Ajayi O., 2003.** Effect of Sowing Date on Anthracnose of Sorghum in the Nigerian Sudan Savana. *Tropicultura*, 21 (3): 117-121.
- Marley P.S., Diourte M., Néya A., Rattunde F.W., 2005.** Sorghum anthracnose and sustainable management strategies in West and Central Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 245 (1): 43-56
- Mathur S.B., Kongsdal O., 2003.** Common Laboratory Seed Health Testing Methods for detecting fungi. First edition, Kandrups Bogtrykkeri edition. 436p.

- Naylor V.D., Leonard K.J., 1977.** Survival of *Colletotrichum graminicola* in infected corn stalks in north Carolina. *Plant Disease Reporter*, 61: 382-383.
- Nébié R.C.H., 2005.** Etude des huiles essentielles de plantes aromatiques du Burkina : Production, composition chimique et propriété insecticide. Thèse doctorale ès Science Physique, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 175p.
- Néya A., Kaboré K.B., 1987.** Mesure de l'incidence de l'antracnose et de la pourriture rouge des tiges causées par *Colletotrichum graminicola* chez le sorgho. *Phytoprotection*, 68 : 121-126.
- Néya A., Le Normand M., 1998.** Responses of sorghum genotypes to leaf anthracnose (*Colletotrichum graminicola*) under field conditions in Burkina Faso. *Crop Protection*, vol.17 (1): 47-53.
- Okezie A.I. et Agyakwa C.W., 1987.** Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. Institut International d'Agriculture Tropicale, Ibadan, Nigeria. 522 p.
- Owusu E. O., 2001.** Effect of some Ghanaian plant components on control of two stored-product insect pests of cereals. *Journal of Stored Products Research*, 37: 85-91.
- Politis D.J., Wheeler H., 1972.** The perfect stage of *Colletotrichum graminicola*. *Plant Disease Reporter*, 56: 1026-1027.
- Politis D.J., 1975.** The identity of perfect stage of *Colletotrichum graminicola*. *Mycologia*, 67:56-62.
- Punithalingam E., 1985.** Description of Pathogenic Fungi and Bacteria. *Plant Pathology*, 55:1234.
- Séréomé P., 1999.** La maladie de taches brunes du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) au Burkina Faso : Connaissance des agents pathogènes impliqués et développement de méthode de lutte. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences naturelles, spécialité phytopathologie, UFR Biosciences, Université de Cocodi, Abidjan, Côte d'Ivoire. 213 p.
- Somda I., Leth V., Séréomé P., 2007.** Evaluation of Lemongrass, Eucalyptus and Neem Aqueous Extracts for Controlling Seed-borne Fungi of Sorghum Grown in Burkina Faso. *World Journal of Agricultural Science*, 3 (2): 218-223.
- Somda I., Sanon P., Michaud J.M. et Sanou J., 2003.** Efficacité des extraits aqueux de citronnelle et de pourpier dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de maïs. *Science et Technique, Serie Sciences Naturelles et Agronomie*, vol. 27 (1-2) : 29-40.
- Suresh G., Narasimham N.S., Masilamani S., Partho P.D., Gopalakrishnan G., 1997.** Antifungal fraction and compound from uncrushed green leaves of *Azadiractha indica*. *Phytoparasitica*, 25 (1) : 33-39.

Tarr S.A.T., 1962. Diseases of sorghum, sudan grass and broom corn. Commonwealth Mycological Institute. The Kew, Surrey, England. 380p.

Thomas D.M., Ibrahim S., Sako M., 1996. Development of leaf anthracnose and its effect on yield and grain of sorghum in West Africa. *Plant Disease*, 8: 151-153.

Valério H.M., Casela C.R., Resende M.A., Santos F.G., 2004. Variability of anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola* in sorghum genotype mixtures. *Fitopatologia Brasileira*, 29:567-569.

Vizvary M.A., Warren H.L., 1982. Survival of *Colletotrichum graminicola* in soil. *Phytopathology*, 72: 522-525.

Von H.J., Maydell E., 1983. Arbre et arbuste du Sahel leurs caractéristiques et leurs utilisations. Publié par l'office Allemand de la coopération technique (GTZ), Eschborn, TZ verlagsgesellschaft GmbH, Brchwiesenweg 12, D66101 Rossdorf 1, Allemagne, 531p.

Warren H.L., 1986. Leaf anthracnose. *In*: Compendium of sorghum diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 10-11.

Weaver D.K., Subramanyam B., 2000. Botanical. *In*: Alternance to pesticide in stored product, Subramanyam B., Hangstrum D. W. (Editors), I.P.M. Kluwer Academic Publisher, Massachusetts, USA, pp. 303-320.

Williams E., Frederiksen R.A., 1986. Leaf anthracnose. *In* Compendium of sorghum diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. pp. 10-11.

Wilson C.L., Solar J.M., El Ghaouth A., Wisniewski M.E., 1997. Rapid Evaluation of Plant Extracts and Essential Oils for Antifungal Activity Against *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 81: 204-210.

Zeringue J.H., Jr, Shih B.Y. Bhatnagar D., 2001. Effects of clarified neem oil on growth and aflatoxine B1 formation in submerged and plate cultures of aflatoxigenic *Aspergillus* spp. *Phytoparasitica*, 29 (4): 361-366.

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse de variance des effets de 4 espèces végétales macérés pendant différentes durées, sur la croissance radiale de *Colletotrichum graminicola*.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>C. occidentalis</i>	5	2,03	782,78	0,0001	***
<i>C. citratus</i>	5	2,350	424,09	0,0001	***
<i>B. aegyptiaca</i>	5	3,388	188,08	0,0001	***
<i>P. oleracea</i>	5	3,037	1173,68	0,0001	***

*** : Très hautement significatif

Annexe 2 : Analyse de variance des effets des extraits végétaux macérés pendant 6, 12, 24, et 48 heures sur la croissance radiale de *Colletotrichum graminicola*.

Durées de macérations	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	2,732	444,52	0,001	***
M12	3	3,861	2891,79	0,0001	***
M24	3	3,095	650,47	0,0001	***
M48	3	2,202	196,61	0,0001	***

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures ; *** : Très hautement significatif.

Annexe 3 : Analyse de variance des effets de 4 espèces végétales macérés pendant différentes durées, sur la croissance radiale de *Phoma sorghina*.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>C. occidentalis</i>	5	9,215	8,04	0,0001	***
<i>C. citratus</i>	5	4,617	36,57	0,0001	***
<i>B. aegyptiaca</i>	5	3,169	134,38	0,0001	***
<i>P. oleracea</i>	5	9,215	369,30	0,0002	***

*** : Très hautement significatif

Annexe 4 : Analyse de variance des effets des extraits végétaux macérés pendant 6, 12, 24, et 48 heures sur la croissance radiale de *Phoma sorghina*.

Durées de macérations	Dégré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	7,609	119,85	0,008	***
M12	3	2,827	422,93	0,0001	***
M24	3	4,62	258,21	0,0001	***
M48	3	4,009	12,81	0,0001	***

M6, M12, M24, M48 : Macérations pendant 6, 12, 24, 48 heures ; ***: Très hautement significatif.

Annexe 5: Analyse de variance des effets des durées de macération de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences par *Colletotrichum graminicola* après 6 heures de trempage.

Durées de macérations	Dégré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	16,42	14,12	0,14	ns
M12	3	31,63	2,98	0,08	ns
M24	3	20,63	0,66	0,6	ns
M48	3	20,33	7,57	0,01	**

** : Hautement significatif ; ns : Non significatif M6, M12, M24 et M48 : Macération à 12, 24 et 48 heures.

Annexe 6: Analyse de variance des effets des durées de macération de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 6 heures de trempage.

Durées de macérations	Dégré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	14,6	29,59	0,04	**
M12	3	15,07	13,52	0,001	ns
M24	3	10,72	5,05	0,02	**
M48	3	26,56	0,77	0,5	ns

** : Hautement significatif ; ns : Non significatif ; M6, M12, M24 et M48 : Macérations pendant 6, 12, 24 et 48 heures.

Annexe 7: Analyse de variance des effets des durées de macération de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 12 heures de trempage.

Durées de macérations	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	34,08	11	0,03	**
M12	3	61,71	2,11	0,17	ns
M24	3	44,12	5,47	0,02	**
M48	3	40,87	7,17	0,01	**

** : Hautement significatif; ns : Non significatif; M6, M12, M24 et M48 : Macérations pendant 6, 12, 24 et 48 heures.

Annexe 8: Analyse de variance des effets des durées de macération de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* au temps de trempage 12 heures.

Durées de macérations	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	35,63	11,52	0,01	**
M12	3	38,37	4,43	0,03	**
M24	3	30,63	3,96	0,05	*
M48	3	16,95	23,09	0,0003	****

* : Significatif ; ** : Hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif ; M6, M12, M24 et M48 : Macérations pendant 6, 12, 24 et 48 heures.

Annexe 9: Analyse de variance des effets des durées de macération de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 24 heures de trempage.

Durées de macérations	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	48,84	6,96	0,04	ns
M12	3	42,63	1,82	0,22	ns
M24	3	59,85	5,88	0,02	**
M48	3	88,64	4,29	0,04	ns

** : Hautement significatif ; ns : Non significatif ; M6, M12, M24 et M48 : Macérations pendant 6, 12, 24 et 48 heures.

Annexe 10: Analyse de variance des effets des durées de macération de quatre espèces végétales sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 24 heures de trempage.

Macérations	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	3	54,55	6,66	0,04	**
M12	3	22,99	13,59	0,001	***
M24	3	24,13	14,83	0,001	***
M48	3	56,60	5,36	0,02	**

** : Hautement significatif ; *** : Très hautement significatif ; M6, M12, M24 et M48 : Macérations pendant 6, 12, 24 et 48 heures.

Annexe 11: Analyse de variance des effets de différents extraits de plantes sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 6 heures de trempage.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>B. aegyptiaca</i>	6	22,98	3,25	0,03	*
<i>C. occidentalis</i>	6	23,02	3,21	0,03	*
<i>C. citratus</i>	6	16,98	4,77	0,007	**
<i>P. oleracea</i>	6	15,89	8,84	0,0004	****

* : Significatif, ** : Hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif ;

Annexe 12: Analyse de variance des effets de différents extraits de plantes sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 6 heures de trempage.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>B. aegyptiaca</i>	6	20,77	8,39	0,0005	***
<i>C. occidentalis</i>	6	6,82	48,16	0,0001	****
<i>C. citratus</i>	6	16,66	8,17	0,0006	***
<i>P. oleracea</i>	6	15,59	13,62	0,0001	****

*** : Très hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif.

Annexe 13: Analyse de variance des effets de différents extraits de plantes sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 12 heures de trempage.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>B. aegyptiaca</i>	6	47,41	4,77	0,007	**
<i>C. occidentalis</i>	6	17,06	4,28	0,01	**
<i>C. citratus</i>	6	54,68	5,49	0,004	***
<i>P. oleracea</i>	6	21,65	9,21	0,0003	****

** : Hautement significatif ; *** : Très hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif ;

Annexe 14: Analyse de variance des effets de différents extraits de plantes sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 12 heures de trempage.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>B. aegyptiaca</i>	6	29,24	8,72	0,0004	***
<i>C. occidentalis</i>	6	15,67	9,48	0,0003	****
<i>C. citratus</i>	6	22,79	14,11	0,0001	****
<i>P. oleracea</i>	6	27,79	2,92	0,04	**

** : Hautement significatif ; *** : Très hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif.

Annexe 15: Analyse de variance des effets de différents extraits de plantes sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Colletotrichum graminicola* après 24 heures de trempage.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>B. aegyptiaca</i>	6	37,29	6,90	0,001	***
<i>C. occidentalis</i>	6	22,06	4,80	0,007	**
<i>C. citratus</i>	6	37,21	15,03	0,0001	****
<i>P. oleracea</i>	6	30,84	22,43	0,0001	****

** : Hautement significatif ; *** : Très hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif ;

Annexe 16: Analyse de variance des effets de différents extraits de plantes sur le taux d'infection des semences de sorgho par *Phoma sorghina* après 24 heures de trempage.

Espèces végétales	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
<i>B. aegyptiaca</i>	6	24,05	16,64	0,0001	****
<i>C. occidentalis</i>	6	17,01	10,73	0,0001	****
<i>C. citratus</i>	6	29,22	35,30	0,0001	****
<i>P. oleracea</i>	6	33,87	6,16	0,002	***

*** : Très hautement significatif ; **** : Très très hautement significatif.

Annexe 17: Analyse de variance des effets des durées de trempage des semences de sorgho dans les extraits macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de par *Colletotrichum graminicola*.

Temps de macération	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	2	63,17	6,44	0,003	***
M12	2	52,67	4,88	0,01	**
M24	2	50,68	8,46	0,01	**
M48	2	57,35	15,01	0,0001	****

** : Hautement significatif ; *** : Très hautement significatif ; **** : Très hautement significatif ; M6, M12, M24 et M48 : Macérations pendant 6, 12, 24 et 48 heures

Annexe 18: Analyse de variance des effets des durées de trempage des semences de sorgho dans les extraits macérés pendant 6, 12, 24 et 48 heures sur le taux d'infection des semences de par *Phoma sorghina*.

Temps de macération	Degré de liberté	Coefficient de variation	Valeur de F	Probabilité	Signification
M6	2	71,14	3,03	0,059	ns
M12	2	45,38	3,53	0,04	**
M24	2	33,29	13,72	0,0001	****
M48	2	42,37	10,25	0,0001	****

** : Hautement significatif ; **** : Très hautement significatif ; ns : Non significatif ; M6, M12, M24 et M48 : Macération à 6, 12, 24 et 48 heures